مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۳۲، شماره ۲، سال ۱۳۹۵

اثر تراکم بوته بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد کمی و کیفی هیبریدهای سورگوم علوفه‌ای در استان گلستان

Effect of Plant Density on some Morphological Traits and Quantitative and Qualitative Yeild of Forage Sorghum Hybrids in Golestan Province

محمدتقی فیض‌بخش

استادیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۸

چکیده

فیض‌بخش، م، ت. ۱۳۹۵. اثر تراکم بوته بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد کمی و کیفی هیبریدهای سورگوم علوفه‌ای در استان گلستان. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۲:** ۲۳۷- ۲۲۳.

به منظور تعیین اثر تراکم بوته بر عملکرد کمی و کیفی هیبریدهای علوفه‌ای سورگوم، آزمایشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی انبارالوم در استان گلستان به مدت دو سال (۱۳۸۹ و ۱۳۹۰) اجرا شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. فاکتور اول پنج هیبرید سورگوم علوفه‌ای و فاکتور دوم تراکم بوته در سه سطح ۱۶۷، ۲۰۸ و ۲۷۸ هزار بوته در هکتار بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تراکم بوته و هیبریدها بر همه صفات معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با کاهش تراکم بوته، تعداد پنجه در بوته و قطر ساقه افزایش یافت و بیشترین تعداد پنجه از تراکم ۱۶۷ هزار بوته در هکتار به تعداد سه پنجه در هر بوته به دست آمد. با افزایش تراکم بوته در همه هیبریدها عملکرد علوفه خشک و عملکرد پروتئین نیز افزایش یافت. بیشترین عملکرد علوفه خشک و عملکرد پروتیین از هیبریدهای ICRISAT625×R165 و اسپیدفید در تراکم ۲۷۸هزار بوته در هکتار به دست آمد. هیبرید اسپیدفید بیشترین عملکرد علوفه خشک (۱۸/۵ تن در هکتار) و عملکرد پروتیین (۱۳۲/۵ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرد. بر اساس نتایج این تحقیق، هیبرید ICRISAT625×R165 به همراه هیبرید اسپیدفید (شاهد) با تراکم ۲۰۸ هزار بوته در هکتار برای کاشت در منطقه انبارالوم توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سورگوم علوفه‌ای، هیبریدها، تراکم بوته، تعداد پنجه؛ علوفه خشک، پروتئین.

نویسنده مسئول: Feyz_54@yahoo.com تلفن: ۰۱۷۳۲۱۷۰۰۶۹

مقدمه

سورگوم زراعی با نام علمی *Sorghum bicolor* (L.) Moench گیاهی از خانواده غلات و دارای انواع گوناگون از جمله علوفه‌ای است. سطح زیر کشت سورگوم در جهان در سال ۲۰۱۰ برابر ۴۱/۵ میلیون در هکتار بود و در سال ۲۰۱۳ به بیش از ۴۲/۱ میلیون هکتار رسید (Anonymous, 2016). آمار سطح زیر کشت سورگوم در ایران با توجه به تشابهات ظاهری و اسمی با ذرت و ارزن دقیق گزارش نشد ولی فومن (Fouman, 2010) مقدار آن را در حدود ۴۰ هزار هکتار گزارش کرده است.

مطالعات زیادی در مناطق مختلف ایران و جهان نشان داده که اثر شرایط محیطی و ژنوتیپ بر عملکرد کمی و کیفی سورگوم متفاوت بوده است (Azari Nasrabad and Bazari, 2004؛ Mosavi *et al.,* 2009؛ Saberi *et al.,* 2014).

تراکم بوته در واحد سطح در سورگوم مانند سایر گیاهان زراعی تابعی از شرایط محیطی، رقم، هدف کشت، اندازه بذر، میزان رطوبت در خاک و قوه نامیه بذر است (Azari Nasrabad and Bazari, 2004). پنجه‌زنی یکی از مهم‌ترین خصوصیات سورگوم است و میزان آن بستگی به رقم، تراکم بوته و حاصلخیزی خاک (Hummer *et al.*, 1987؛ Lafrago *et al.*, 2002) و کارآیی مصرف آب (van Oosterom *et al.,* 2008) دارد.

صابری و همکاران (Saberi *et al.,* 2014) نشان دادند که با افزایش تراکم بوته در واحد سطح عملکرد علوفه تر و عملکرد علوفه خشک در سورگوم افزایش یافت و بیشترین عملکرد علوفه از تراکم ۳۰ بوته در مترمربع به دست آمد ولی از نظر آماری با تراکم ۳۵ بوته در مترمربع تفاوتی نداشت.

موسوی و همکاران (Mosavi *et al.,* 2009) نشان دادند که با افزایش تراکم تعداد پنجه در بوته به طور معنی‌داری کاهش یافت به طوری که در تراکم ۲۰ بوته در مترمربع با متوسط ۲/۳ پنجه در بوته بیشترین و در تراکم ۵۰ بوته در مترمربع با متوسط ۰/۲۷ پنجه در بوته کمترین پنجه زنی مشاهده شد.

محمود (Mahmood, 2012) نشان داد که با کاهش تراکم بوته عملکرد ماده خشک و مقدار لگنین کاهش می‌یابد ولی قابلیت هضم و محتوای پروتئین افزایش می‌یابد.

ساریخانی و رزمجو (Sarikhani and Ramzjoo, 2006) در آزمایشی در شرایط آب و هوایی اصفهان نشان دادند که ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد پنجه، تعداد برگ، وزن خشک برگ و عمکرد علوفه تحت تأثیر تراکم بوته و فاصله ردیف و اثر متقابل تراکم بوته × فاصله ردیف قرار گرفتند و لاین KFS1 را برای کشت در منطقه اصفهان توصیه کردند.

معاونی و حیدری (Moaveni and Heydari, 2006) نشان دادند

که بین تراکم‌های مختلف کاشت در سورگوم تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد علوفه تر و خشک وجود نداشت ولی در تراکم ۱۳/۳ بوته در مترمربع بیشترین درصد نسبت برگ به ساقه به دست آمد، بنابراین تراکم ۱۳/۳ بوته در مترمربع را برای کاشت سورگوم در منطقه ایرانشهر توصیه کردند.

موسوی و همکاران (Mosavi *et al.,* 2009) نشان دادند که در کشت دوم (بعد از گندم) امکان کاشت سورگوم در منطقه بیرجند وجود دارد و بیان کردند که عملکرد علوفه تر و علوفه خشک تحت تأثیر تراکم و الگوی کاشت (یک ردیفه و دو ردیفه) قرار گرفت و با افزایش تراکم بوته تعداد پنجه و قطر ساقه کاهش یافت.

سورگوم جزء گیاهان زراعی است که به دو صورت رقم خالص هیبرید در دنیا کشت و کار می‌شود. هر دو صورت در ایران مد نظر قرا گرفته و از این گیاه ارقام و هیبریدهای زیادی تولید شده است (Fouman, 2010). ارقام هیبرید سورگوم در مقایسه با ارقام آزاد گرده‌افشان دارای توان تولید ماده خشک بالاتری هستند (Mohebi, 1996).

رستم‌زاده و همکاران (Rostamzadeh *et al.,* 2005) در مقایسه عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم سورگوم علوفه‌ای اسپیدفید، جامبو و شوگرگریز، بالاترین عملکرد علوفه تر و خشک و برگ و ساقه خشک و نسبت برگ به ساقه را در هیبرید اسپیدفید مشاهده کردند ولی هیبریدهای مورد مقایسه تفاوتی از نظر درصد پروتئین نداشتند.

آذری‌نصرآباد و بازاری (Azari Nasrabad and Bazari, 2004) در آزمایشی در منطقه بیرجند مناسب‌ترین تراکم بوته برای تولید علوفه هیبرید اسپیدفید و KMF1 را به ترتیب ۴۰ و ۲۰ بوته در مترمربع گزارش کردند. همچنین لاین KFS1 در این بررسی عملکرد ماده خشک بالاتری نسبت به هیبرید اسپیدفید داشت. آن‌ها دلیل عملکرد بیشتر لاین KMF1 را در تراکم کمتر تولید پنجه بیشتر و ضخیم‌تر بیان کردند.

خلیلی‌محله و همکاران (Khalili Mohelleh *et al.,* 2007) نشان دادند که با افزایش تراکم کاشت ارتفاع ساقه و شاخص سطح برگ افزایش، ولی قطر ساقه و تعداد پنجه کاهش یافت و بیشترین عملکرد علوفه تر و خشک و نسبت برگ به ساقه در تراکم ۳۵۰ هزار بوته در هکتار به دست آمد. آن‌ها نشان دادند که تراکم بوته بر درصد پروتئین و درصد خاکستر تأثیر معنی‌داری نداشت و در بین هیبریدهای آزمایشی، هیبرید اسپیدفید با تولید علوفه تر و علوفه خشک به ترتیب ۶۹/۷ و ۱۴/۹ تن در هکتار بالاترین عملکرد را داشت.

هدف از اجرای این تحقیق بررسی اثر تراکم کاشت به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل به‌زراعی بر خصوصیات کمی و کیفی سورگوم علوفه‌ای در شرایط آب و هوایی انبارالوم و در

استان گلستان ارزیابی عملکرد هیبریدهای سورگوم جدید سورگوم برای توصیه به کشاورزان و تولید علوفه مناسب بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی آیینه واقع در ۳۵ کیلومتری شمال گرگان با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۹ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی به اجرا درآمد. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ۱۰ متر، خاک محل آزمایش دارای بافت لوم رسی و هدایت الکتریکی بالاتر از ۴ میلی‌موس بود. آزمایش انجام شده به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار بود. عامل اول پنج هیبرید جدید سورگوم علوفه‌ای (ICRISAT493 × R161، ICRISAT520 × R161، ICRISAT625 × R165، ICRISAT101 × R161 و اسپیدفید) و فاکتور دوم تراکم بوته درسه سطح (۱۶۷، ۲۰۸ و ۲۷۸ هزار بوته در هکتار) بود. زمین محل آزمایش در پاییز شخم عمیق زده شد. عملیات تهیه بستر در بهار سال بعد با مساعد شدن هوا انجام و هر تیمار در چهار خط به طول ۶ متر کاشته و فاصله خطوط کشت از یک‌دیگر ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله بین تکرارها ۳ متر بود و بین کرت‌ها در هر تکرار یک متر (نکاشت) برای کم کردن اثر سایه‌اندازی، انجام عملیات داشت و یادداشت‌برداری منظور شد. از زمان کاشت تا برداشت ضمن انجام عملیات زراعی، یادداشت‌برداری‌های لازم در مراحل مختلف رشد و نمو انجام شد. کاشت موقعی انجام شد که درجه حرارت خاک به ۱۲ درجه سانتی گراد رسید. بعد از سبز شدن در مرحله ۶-۴ برگی بوته ها طوری تنک شدند که فاصله بوته روی ردیف ۱۰، ۸ و ۶ سانتی‌متر به ترتیب برای تراکم‌های ۱۶۷، ۲۰۸ و ۲۷۸ هزار بوته در هکتار باشد. برای اندازه‌گیری صفات زراعی و سایر خصوصیات، ده بوته به طور تصادفی در هرکرت انتخاب و صفاتی مثل ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعدا پنجه در هر چین، تعداد گره، نسبت برگ به ساقه و غیره در آن‌ها اندازه‌گیری شد.

قبل از اجرای آزمایش چهار پروفیل به عمق ۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتی‌متر در نقاط مختلف مزرعه حفر از خاک و نمونه‌برداری انجام شد. این نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه برای تعیین میزان کود مصرفی و تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد ارزیابی قرار گرفت. کود مورد نیاز بر اساس آزمون خاک و با محاسبه کمبود آن به مزرعه داده شد. مقدار کود مصرفی در همه تیمار ها یکسان بود و بر اساس آزمون خاک مقدار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم ، ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و ۳۰۰ کیلو گرم کود فسفات پتاسیم مصرف شد. یک سوم از کود اوره در زمان کاشت و یک در سوم در ارتفاع حدود ۴۰ سانتی‌متری بوته‌ها و یک سوم

باقی‌مانده بعد از هر چین‌برداری به آن داده شد.

آبیاری به صورت نشتی انجام شد. برداشت نهایی بعد از حذف حاشیه‌ها در هر کرت و از سطح ۱۰ سانتی‌متری زمین انجام و میزان علوفه تولید شده در هر کرت توزین شد. برای تعیین ماده خشک و اندازه‌گیری میزان پروتئین یک نمونه دو کیلوگرمی از علوفه تر هرکرت به آون منتقل و در دمای ۶۵ درجه سانتی گراد خشک شد. وزن خشک زمانی اندازه‌گیری شد که در دو توزین متوالی عدد یکسانی به دست آمد. همان نمونه به آزمایشگاه فرستاده شد تا درصد پروتئین آن تعیین شود. در پایان سال دوم داده‌های دو ساله با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه واریانس مرکب قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD انجام شد. با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل هیبرید × تراکم بوته روی عملکرد علوفه خشک در چین اول، چین دوم، عملکرد علوفه خشک کل و عملکرد پروتیین برش‌دهی اثر متقابل هیبرید × تراکم بوته انجام شد تا واکنش هیبریدهای مختلف به تراکم بوته مورد ارزیابی قرار گیرد (Soltani, 2006).

نتایج و بحث

نتایج آزمایش تجزیه خاک در مزرعه محل انجام آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. در جدول ۲ نیز آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی آیینه در انبارالوم در استان گلستان در سال‌های زراعی ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ ارائه شده است.

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها (سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۰) نشان داد که اثر سال، تراکم بوته و هیبرید در سطح آماری یک درصد بر صفات ارتفاع بوته وقطر ساقه معنی‌دار شد. تعداد پنجه تحت تأثیر اثر سال قرار نگرفت ولی تحت اثر هیبرید و تراکم بوته در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد. نسبت برگ به ساقه تحت تأثیر اثر متقابل سال، هیبرید، تراکم بوته و اثر متقابل سال × هیبرید، سال × تراکم بوته قرار گرفت و معنی‌دار شد ولی اثر متقابل هیبرید × تراکم بوته معنی‌دار نبود. تعداد گره در هر بوته فقط تحت تأثیر هیبرید قرار گرفت و در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد. عملکرد ماده خشک در چین اول، چین دوم و عملکرد ماده خشک کل تحت تأثیر اثر سال، هیبرید، سال × هیبرید، تراکم بوته، سال × تراکم بوته قرار گرفت. همچنین عملکرد پروتیین تحت تأثیر همه اثر ساده و اثر متقابل صفات به جز سال × تراکم بوته معنی‌دار شد (جدول ۳).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته، قطر ساقه، عملکرد ماده خشک و عملکرد پروتیین در سال دوم (۱۳۹۰) به دست آمد (جدول‌های ۴ و ۵). شرایط مناسب آب و هوایی در سال دوم اجرای آزمایش باعث شد تا شرایط بهتری برای رشد و نمو به وجود آید و عملکرد ماده خشک کل افزایش یابد (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه محل اجرای آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of soil of the experimental field

عمق خاک Soil depth (cm)	هدایت الکتریکی EC (ds/m)	اسیدیته pH	بافت Texture
0-30	4.2	7.7	Si-Cl-L
30-60	5.1	7.6	Si-Cl-L
60-90	4.1	7.5	Si-Cl-L

Si-Cl-L: لوم شنی رسی

جدول ۲- آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی آیینه در منطقه انبارالوم در ماه‌های رشد سورگوم در دو سال زراعی ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰

Table 2. Climatical data at agricultural research station of Ayeneh in Anbarolum region during the growth period of sorghum in 2009 and 2010 cropping seasons

		بارندگی Precipitation (mm)		متوسط دما Mean temperature (°C)		متوسط دمای حداکثر Mean of maximum temperature (°C)		متوسط دمای حداقل Mean of minimum temperature (°C)		میانگین رطوبت نسبی Mean of relative humidity (%)	
Month	ماه	۱۳۸۹ 2009	۱۳۹۰ 2010	۱۳۸۹ 2009	۱۳۹۰ 2010	۱۳۸۹ 2009	۱۳۹۰ 2010	۱۳۸۹ 2009	۱۳۹۰ 2010	۱۳۸۹ 2009	۱۳۹۰ 2010
April	اردیبهشت	33.0	9.0	20.2	19.7	26.1	25.4	13.9	13.8	81	78
May	خرداد	0.0	4.1	28.7	26.4	37.2	32.5	20.2	19.3	66	70
June	تیر	0.3	12.1	31.4	30.4	37.5	36.4	25.3	24.5	62	67
July	مرداد	0.0	47.8	31.0	30.9	37.5	36.5	24.3	25.3	60	63
September	شهریور	2.2	29.9	27.5	26.0	34.8	31.2	21.0	20.7	60	67
October	مهر	25.1	100.9	24.1	21.1	30.0	27.6	17.8	14.5	81	70

تراکم بوته، ارتفاع بوته افزایش یافت و بیشترین و کمترین ارتفاع بوته (با میانگین ۱۷۶/۴ و و ۱۵۲/۹ سانتی‌متر) به ترتیب از تراکم‌های ۲۸۸ و ۱۶۷ هزار بوته در هکتار به دست آمد. هیبرید اسپیدفید با ۱۷۸/۳ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع بوته را داشت (جدول ۴). مؤدب شبستری و مجتهدی (Moadab Shabestari and Mojtahedi, 1990) گزارش کردند که افزایش ارتفاع بوته همزمان با افزایش تراکم بوته مربوط به پدیده تاریک‌گرایی (Eliolation) و افزایش بیوسنتز اکسین در شرایط سایه‌اندازی است و آن را راهکاری برای افزایش عملکرد و زیست توده گیاهان زراعی دانسته است. خلیلی‌محله و همکاران (Khalili Mohelleh *et al.,* 2007) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. در این آزمایش نیز ضرایب همبستگی مثبت و معنی‌داری بین ارتفاع بوته و عملکرد ماده خشک (*۰/۶۲) مشاهده شد (جدول ۵).

بیشترین قطر ساقه از کمترین تراکم بوته (۱۶۷ هزار بوته در هکتار) به میزان ۱۲/۱ میلی‌متر به دست آمد و همگام با افرایش ارتفاع بوته، قطر ساقه کاهش یافت (جدول ۴). ضرایب همبستگی بین ارتفاع بوته و قطر ساقه نیز نشان داد که بین قطر ساقه و ارتفاع بوته همبستگی منفی و معنی‌داری (*۰/۳۰-) وجود دارد به عبارتی با افزایش ارتفاع بوته قطر ساقه کاهش می‌یابد (جدول ۵). محققان زیادی (Azari Nasrabad and Bazari, 2004؛ Moaveni and Heydari, 2006؛ Saberi *et al.,* 2014) نیز کاهش قطر ساقه در اثر افزایش ارتفاع بوته را گزارش کرده‌اند. خلیلی‌محله و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که کاهش قطر ساقه در تراکم بالا به دلیل افزایش رقابت درون گونه‌ای است که طی آن گیاهان برای جذب نور بیشتر بر ارتفاع ساقه خود می‌افزایند و با توجه به محدودیت مواد فتوسنتزی تولیدی افزایش ارتفاع ساقه در تراکم‌های بالا با کاهش قطر ساقه همراه خواهد بود.

بیشترین تعداد پنجه در بوته از هیبرید اسپیدفید به میزان ۳/۱ پنجه در هر بوته به دست آمد (جدول ۴). غلامی (Golami, 1995)، خلیلی‌محله و همکاران (Khalili Mohelleh *et al.,* 2007) و فومن (Fouman, 2010) نیز به پتانسیل بالای هیبرید اسپیدفید در تولید پنجه اشاره کرده‌اند. مقایسه میانگین صفات نشان داد که با افزایش تراکم، پنجه‌زنی کاهش یافت و بیشترین تعداد پنجه از تراکم ۱۶۷ هزار بوته در هکتار به میزان سه پنجه در هر بوته به دست آمد (جدول ۵). تعداد پنجه همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد ماده خشک کل (**۰/۷) داشت (جدول ۶). تعداد پنجه زیاد در تراکم‌های پایین‌تر به دلیل رقابت کمتر بوته‌ها برای نور، آب و مواد غذایی است. محققین دیگر از جمله لافراج و هامر (Lafrage and Hummer, 2002) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. همچنین لافراج و هامر

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات هیبریدهای سورگوم علوفه‌ای در تراکم کاشت‌های مختلف در دو سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰

Table 3. Combined analysis of variance for traits of forage sorghum hybrids in different plant desities in 2010 and 2011

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	ارتفاع بوته Plant height	قطر ساقه Stem diameter	تعداد پنجه Tiller number per plant	تعداد گره در ساقه اصلی Number of node in the main stem	نسبت برگ به ساقه Leaf/Stem	عملکرد علوفه خشک در چین اول Dry forage yield in the first cutting	عملکرد علوفه خشک در چین دوم Dry forage yield in the second cutting	عملکرد علوفه خشک کل Total dry forage yield	عملکرد پروتئین Protein yield
Year (Y)	سال	1	2972.065**	101.936**	0.32 ns	0.2 ns	0.009**	0.43 ns	96.67**	378.848**	1921813.66**
Replication (Year)	تکرار (سال)	6	191.396	4.294	1.052	2.59	0.005	14.17	8.47	12.941	66753.29
Hybrid (H)	هیبرید	4	2944.359**	5.446**	5.562**	4.49**	0.022**	21.87**	37.52**	211.055**	1041756.71**
D × H	سال× هیبرید	4	86.349 ns	0.023 ns	0.181 ns	0.722 ns	0.003*	0.03 ns	3.57**	4.583**	23547.39**
Plant Density (D)	تراکم بوته	2	5607.063**	33.802**	13.237**	3.158 ns	0.005**	2.77*	2.16*	8.259**	41983.37**
Y × D	سال × تراکم بوته	2	35.515 ns	0.188 ns	0.012 ns	0.059 ns	0.004*	0.18 ns	0.39 ns	0.221**	1083.46
H × D	هیبرید× تراکم بوته	8	61.491 ns	0.521 ns	0.249 ns	0.016 ns	0.001 ns	3.47 *	2.22 *	1.019 **	51861.56 **
Y × H × D	سال× هیبرید × تراکم بوته	8	6.698 ns	0.015 ns	0.022 ns	0.005 ns	0.003 ns	0.002 ns	0.182 ns	0.054 ns	247.25 ns
Error	اشتباه آزمایشی	84	227.368	0.614	0.194	0.355	0.001	0.98	0.65	1.505	7536.42
CV%	درصد ضریب تغییرات	--	9.1	6.9	18.2	6.6	11.8	13.9	12.2	8.1	8.07

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مختلف در هیبریدهای سورگوم علوفه‌ای، سال‌ها و تراکم بوته‌های مختلف

Table 4. Mean comparison of different traits in different forage sorghum hybrids, years and plant densities

تیمارها Treatments		ارتفاع بوته Plant height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (mm)	تعداد پنجه در بوته Tiller number per plant	تعداد گره در ساقه اصلی Number of node in the main stem	درصد نسبت برگ به ساقه Leaf/Stem (%)
Year سال						
2010	۱۳۸۹	158.9b	10.3b	2.4a	8.9a	0.325a
2011	۱۳۹۰	168.9a	12.1a	2.3a	8.8a	0.313a
Hybrid هیبرید						
ICRISAT101× R161(H1)		149.9d	11.7a	2.1cd	8.8b	0.346a
ICRISAT493×R161 (H2)		157.7cd	10.6c	2.2c	8.9b	0.308b
ICRISAT520×R161 (H3)		170.8ab	11.7a	1.9d	8.5c	0.296b
ICRISAT625×R165 (H4)		162.7bc	11.2b	2.6b	8.5c	0.300b
Speed feed (H5)		178.3a	11.0bc	3.1a	9.6a	0.346a
Plant density تراکم بوته						
D1	۱۶۷ هزار بوته در هکتار	152.9c	12.1a	3.0a	8.8a	0.348a
D2	۲۰۸ هزار بوته در هکتار	162.4b	11.3b	2.3b	8.9a	0.313b
D3	۲۷۸ هزار بوته در هکتار	176.4a	10.3c	1.8c	8.9a	0.289c

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

Means with similar letter in each column are not significantly different at 5% probability level.

D1, D2 and D3: 167000, 208000 and 278000 plants ha^{-1}, repectively.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات مختلف در هیبریدهای سورگوم علوفه‌ای

Table 5. Correlation coefficients between different traits of forege sorghum hybrids

Traits	صفات	ارتفاع بوته Plant height	قطر ساقه Stem diameter	تعداد گره در ساقه اصلی Number of node in the main stem	تعداد پنجه Tiller number per plant	نسبت برگ به ساقه Leaf/Stem	عملکرد علوفه خشک کل Dry forage yield
Stem diameter	قطر ساقه	-0.30					
Number of node in the main stem	تعداد گره در ساقه اصلی	0.36*	0.17				
Tiller number per plant	تعداد پنجه	-0.14**	0.40*	0.62**			
Leaf/Stem	نسبت برگ به ساقه	-0.52*	-0.14	0.75**	-0.24		
Dry forage yield	عملکرد علوفه خشک کل	0.62*	-0.08	0.35*	0.70**	-0.67**	
Protein yield	عملکرد پروتئین	0.58*	-0.08	0.42*	0.35*	0.66**	0.98**

(Lafrage and Hammer, 2002) گزارش کردند وقتی شاخص سطح برگ به ۰/۶۴ می‌رسد این همبستگی از طریق هورمون‌های گیاهی در پاسخ به کیفیت نور (نسبت نورقرمز به قرمز دور) کنترل می‌شود.

بین هیبریدهای مورد بررسی هیبرید اسپیدفید و H1 دارای بیشترین نسبت برگ به ساقه بودند (جدول ۴). با افزایش تراکم بوته نسبت برگ به ساقه کاهش یافت به طوری که کمترین نسبت برگ به ساقه از تراکم ۲۷۸ هزار بوته در هکتار به دست آمد. می‌توان استنباط کرد که وزن ساقه بیشتر از برگ تحت تأثیر رقابت دورن گونه‌ای قرار می‌گیرد و با افزایش تراکم بوته، کاهش وزن ساقه شدیدتر از کاهش وزن برگ می‌شود. خلیلی‌محله و همکاران (Khalili Mohelleh *et al.*, 2007)، ساریخانی و رزمجو (Sarikhani and Ramzjoo, 2006) و فومن (Fouman, 2010) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند.

بیشترین تعداد گره در هر بوته از هیبرید اسپیدفید به دست آمد (جدول ۴). جدول ضرایب همبستگی نیز نشان داد که تعداد گره در هر بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری با ارتفاع بوته (*۰/۳۶)، تعداد پنجه (*۰/۶۲)، نسبت برگ به ساقه (*۰/۷۵)، عملکرد ماده خشک (*۰/۳۵) و عملکرد پروتئین (*۰/۴۲) داشت (جدول ۵). می‌توان استنباط کرد با افزایش تعداد گره در هر بوته، تعداد برگ و در نتیجه نسبت به ساقه افزایش یافته و در نهایتاً عملکرد پروتیین خام افزایش می‌یابد. محمود (Mahmoud, 2012) نیز به نتایج مشابهی دست یافت.

در چین اول هیبریدهای اسپیدفید و H4 بیشترین عملکرد علوفه خشک را داشتند به طوری که در تراکم ۲۷۸ هزار بوته در هکتار هیبرید اسپیدفید و H4 به ترتیب ۸/۹ و ۸/۷ تن در هکتار علوفه را تولید کردند (جدول ۶). همچنین برش‌دهی اثر متقابل نشان داد که که در هیبریدهای H1 و H2 بین تراکم‌های مختلف از نظر عملکرد علوفه خشک در چین اول تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ولی در سایر هیبریدها (H3، H4 و H5) با افزایش تراکم بوته عملکرد علوفه خشک افزایش یافت (جدول ۶). در چین دوم در هیبریدهای H3 و H5 تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد علوفه خشک وجود داشت و بیشترین عملکرد علوفه خشک از تراکم ۲۷۸ هزار بوته در هکتار به ترتیب به میزان ۸ و ۶/۵ تن در هکتار به دست آمد. همچنین مقایسه میانگین‌ها قبل از برش‌دهی اثر متقابل نشان داد که هیبریدهای H4 و H5 دارای بیشترین عملکرد علوفه خشک بودند (جدول ۶).

مقایسه میانگین اثر متقابل قبل از برش‌دهی اثر متقابل بر عملکرد علوفه خشک کل نشان داد که هیبریدهای H5 و H4 دارای بیشترین عملکرد علوفه خشک بودند. همچنین برش‌دهی اثر متقابل نیز نشان داد که در همه هیبریدهای مورد بررسی با افزایش تراکم بوته، عملکرد علوفه خشک افزایش یافت و بیشترین عملکرد

جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد علوفه خشک در هیبریدهای سورگوم علوفه‌ای، سال‌ها و تراکم‌های مختلف کاشت

Table 6. Mean comparison of dry forage yield in different forage sorghum hybrids, years and plant densities

Treatments	تیمارها	عملکرد علوفه خشک در چین اول Dry forage yield in the first cutting (tha^{-1})	عملکرد علوفه خشک در چین دوم Dry forage yield in the second cutting (tha^{-1})	عملکرد علوفه خشک کل Dry forage yield (tha^{-1})	عملکرد پروتئین Protein yield ($kgha^{-1}$)
Year سال	سال				
2010	۱۳۸۹	7.0a	7.0a	14.0a	1010.0a
2011	۱۳۹۰	7.2a	7.3b	14.3b	1040.2b
Hybrid هیبرید	**Plant Density تراکم بوته**				
	۱۶۷ هزار بوته در هکتار (D1)	6.4e (a)	4.8c (a)	10.6e (b)	788f (b)
ICRISAT101× R161 (H1)	۲۰۸ هزار بوته در هکتار (D2)	6.5de (a)	4.9c (a)	11.0e (a)	814f (ab)
	۲۷۸ هزار بوته در هکتار (D3)	6.6de (a)	5.0c (a)	11.2e (a)	827f (a)
	۱۶۷ هزار بوته در هکتار (D1)	7.0cde (a)	6.1b (a)	13.5d (b)	917e (c)
ICRISAT493×R161 (H2)	۲۰۸ هزار بوته در هکتار (D2)	7.1cde (a)	6.1b (a)	13.8d (b)	933e (b)
	۲۷۸ هزار بوته در هکتار (D3)	7.1cde (a)	6.3b (a)	14.5cd (a)	980e (a)
	۱۶۷ هزار بوته در هکتار (D1)	6.7de (b)	5.9b (b)	13.7d (c)	933de (c)
ICRISAT520×R161 (H3)	۲۰۸ هزار بوته در هکتار (D2)	7.2cd (a)	6.4b (a)	14.7cd (b)	1010de (b)
	۲۷۸ هزار بوته در هکتار (D3)	7.4cde (a)	6.5b (a)	15.1c (a)	1100cd (a)
	۱۶۷ هزار بوته در هکتار (D1)	8.4ab (b)	7.8a (a)	17.8ab (b)	1274c (b)
ICRISAT625×R165 (H4)	۲۰۸ هزار بوته در هکتار (D2)	8.7ab (a)	7.9a (a)	18.0ab (a)	1283ab (a)
	۲۷۸ هزار بوته در هکتار (D3)	8.7ab (a)	7.9a (a)	18.0ab (a)	1287ab (a)
	۱۶۷ هزار بوته در هکتار (D1)	7.8bc (b)	7.4a (b)	17.0b (b)	1279b (b)
Speed feed (H5)	۲۰۸ هزار بوته در هکتار (D2)	8.8a (a)	8.0a (a)	18.4ab (a)	1313ab (a)
	۲۷۸ هزار بوته در هکتار (D3)	8.9a (a)	8.0a (a)	18.5a (a)	1325a (a)

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

Means with similar letter in each column are not significantly different at a 5% probability level.

حروف داخل پرانتز مقایسه میانگین‌ها پس از برش‌دهی اثر متقابل هستند.

The letters in the parentheses are the mean compassion after slicing interaction.

D1, D2 and D3: 167000, 208000 and 278000 plants ha^{-1}, repectively.

علوفه خشک از بالاترین تراکم بوته (۲۷۸هزار بوته در هکتار) به دست آمد. می‌توان گفت وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار (**۰/۷) بین عملکرد ماده خشک و تعداد پنجه در هر بوته یکی از دلایل افزایش عملکرد ماده خشک است (جدول ۵). هیبریدهایی که دارای قدرت پنجه‌زنی بالاتری بودند (هیبرید اسپیدفید با میانگین ۳/۱ پنجه در هر بوته) دارای بیشترین عملکرد ماده خشک بودند. نوسانات تعداد پنجه در اثر تراکم‌های متفاوت باعث شد تا اثر تراکم بوته در چین اول، چین دوم، و عملکرد کل ماده خشک معنی‌دار شود. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین تعداد پنجه و عملکرد ماده خشک را محققان زیادی از جمله ایوب و همکاران (Ayub *et al.,* 2003 2010) و فومن (Fouman, 2010) را نیز گزارش کرده‌اند.

مقایسه میانگین‌ها قبل از برش‌دهی اثر متقابل نشان داد که هیبریدهای H4 و H5 در تراکم ۲۷۸ هزار بوته در هکتار به ترتیب ۱۳۲۵ کیلوگرم در هکتار و ۱۲۷۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد پروتیین را داشتند (جدول ۶). همچنین مقایسه میانگین‌ها بعد از برش‌دهی اثر متقابل نشان داد که در همه هیبریدهای مورد بررسی با افزایش تراکم بوته عملکرد پروتیین افزایش یافت و این روند افزایشی در همه هیبریدها وجود داشت و بیشترین مقادیر آن در بالاترین تراکم (۲۷۸ هزار بوته در هکتار) مشاهده شد. عملکرد پروتیین در هیبریدهای H4 و اسپیدفید در تراکم‌های ۲۰۸ و ۲۷۸ هزار بوته اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۶).

در مجموع، نتایج مطالعه حاضر نشان داد که سورگوم می‌تواند به عنوان یک گیاه علوفه‌ای مناسب در خاک‌های نیمه‌شور مثل خاک مزارع منطقه انبارالوم در استان گلستان کاشته شود و علوفه قابل توجهی تولید کند. بر اساس نتایج به دست آمده، هیبرید H4 به همراه هیبرید اسپیدفید با تراکم ۲۰۸ هزار بوته در هکتار برای کاشت در این منطقه توصیه می‌شود.

References

Anonymous 2016. Statistical Year Book [Internet]. Available at: http:// fao-statisticalyearbook

Ayub, M., Ather Nadeem, M., Tahir, M., Ghafour, A., Zeeshan, A., and Naeem, M. 2010. Comparitive studies on the growth, forage yield and quality of sorgum (*Sorghum bicolor* L.) varieties under irrigated conditions of Faisalabad. Pakistan Journal of Life and Social Sciences 8(2): 94-97.

Ayub, M., Tanveer, A., Nadeer, M. A., and Tayyub, M. 2003. Fodder yield and quality of sorgham as influence by different tillage method and seed rates. Pakistan Journal of Agronomy 2 (3): 179-184.

Azari Nasrabad, A., and Bazarei, M. 2004. Effects of plant density and cultivar on yield of forage sorghum. Seed and Plant 20: 475-487 (in Persian).

Fouman, A. 2010. Evaluation of different forage sorghum cultivars [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] through an assessment of morphological, quantitative and qualitative yield traits. Iranian Crop Science 4 (42): 833-840 (in Persian).

Gholami, A. 1995. Study of the effect of sowing dates on yield and morphological and growth characteristics of six lines of forage sorghum in Shahrood. Pajouhesh va Sazandegi 28: 6-11 (in Persian).

Hammer, G. L., Hill, K., and Schrodter, G. N. 1987. Leaf area production and senescence of diverse grain sorghum hybrids. Field Crops Research 17: 305-317.

Khalili Mohelleh, J., Tajbakhsh, M., Faiaz Moghdam, A., and Siadat, A. 2007. Effects of plant density on quantitative and qualitative characteristics of forage sorghum in second cropping. Pajouhesh va Sazandegi 75: 59-67 (in Persian).

Lafrage, T. A., and Hammer, G. L. 2002. Shoot assimilates partioning and leaf area ratio, rare stable for a wide range of sorghum population densities. Field Crops Research 77: 137-151.

Mahmood, T. 2012. Performance of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) as an energy crop for biogas production. MSc. Thesis, University of Giessen, Germany. 139pp.

Moadab Shabestari, M., and Mojtahedi, M. 1990. Physiology of Agricultural Plants. Publications of Tehran University, Tehran, Iran 431 pp. (in Persian).

Moaveni, P., and Heydari, Y. 2006. Study of plant density and irrigation intervals on grain yield and some physiological traits in forage sorghum. Iranian Journal of Crop Sciences 6(4): 274-282 (in Persian).

Mohebi, S. 1996. Effects of plant density and row spacing on quality and quantity characteristics of forage sorghum. MSc. Thesis, College Agriculture, Karaj Branch, Islamic Azad University Karaj, Iran. 110 pp. (in Persian).

Mosavi, S. G. R., Seghatoleslami, M. J., Javadi, H., and Ansarinia, E. 2009. Effect of plant density and planting pattern on yield, yield components and morphological

traits of forage sorghum in second cultivation. Plant Ecophysiology 2: 81-84 (in Persian).

Rostamzadeh, M. 2005. Study of yield and qualities characteristic of three forage sorghum hybrid. Proceedings of the First National Forage Crop Congress of Iran, Karaj, Iran (in Persian).

Saberi A. R., Mosavat S. A., and Feyzbakhsh, M. T. 2014. Effects of planting arrangement and plant density on yield of forage sorghum. Academic Journal of Applied Sciences 1(1): 17-20.

Sarikhani, Sh., and Razmjoo, Kh. 2006. Effects of plant density on yield and yield component of three forage sorghum. Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources 4(10): 214-255 (in Persian).

Soltani, A. 2006. Re-consideration of Application of Statistical Methods in Agricultural Researches. Jihad-e-Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad, Iran. 74 pp. (in Persian).

van Oosterom, E., Hammer, G. L., Kim, H. K., McLean, G., and Deifel, K. 2008. Plant design features that improve grain yield of cereals under drought. Proceedings of the 14th Australian Society of Agronomy Conference, CD ROM, Gosford, Australia: The Regional Institute, www.agronomy.org.au.